

Desain dan Implementasi Modul Konverter DC-DC Jenis *Buck-Boost* Dengan Pengendali PID

Regiantoro Kunigar^{*1}, Adnan Rafi Al Tahtawi², Sofyan Muhammad Ilman³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Indonesia

^{*}Corresponding author, regikunigar720@gmail.com

Abstrak	INFO.
<p>Konverter DC-DC merupakan salah satu perangkat elektronika daya yang berperan penting dalam berbagai aplikasi sistem energi terbarukan, industri, maupun bidang telekomunikasi. <i>Buck-boost converter</i> merupakan salah satu jenis DC-DC <i>converter</i> yang mampu menurunkan dan menaikkan tegangan DC dengan pengaturan modulasi lebar pulsa. Namun, saat ini modul buck-boost <i>converter</i> yang memiliki fitur kendali closed-loop masih jarang ditemukan. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan modul <i>Buck Boost converter</i> dengan dilengkapi kendali PID sebagai pengendali tegangan keluarannya. Modul dirancang sedemikian rupa agar mudah dipergunakan dan dilengkapi fitur kendali closed-loop. Metode kendali PID dirancang menggunakan metode <i>tuning</i> Ziegler Nichols tipe I untuk mencari parameter PID agar tegangan keluaran yang dihasilkan sesuai yang diinginkan. Metode ini digunakan karena memiliki kemudahan dan menjadi metode dasar dalam pengendalian sistem dinamik seperti <i>buck-boost converter</i>. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah berupa modul konverter dengan pengendalian tegangan yang menghasilkan <i>error steady-state</i> pada mode operasi kerja <i>boost</i> dan <i>buck</i> sebesar 0,4% dan <i>settling time</i> selama 2 s meskipun masih ditemukan osilasi saat kondisi <i>steady-state</i>.</p>	<p>Info. Artikel: No. 414 Received. June, 22, 2023 Revised. July, 12, 2023 Accepted. July, 19, 2023 Page. 404 – 415</p> <p>Kata kunci: ✓ <i>Buck Boost Converter</i> ✓ <i>Kendali PID</i> ✓ <i>Ziegler Nichols Tipe I</i></p>
<p>Abstract</p> <p><i>The DC-DC converter is a power electronics device that plays an important role in various applications in renewable energy systems, industry, and the telecommunications sector. Buck-boost The converter is a type of DC-DC converter which is capable of lowering and increasing the DC voltage by adjusting the pulse width modulation. However, currently buck-boost converter modules that feature closed-loop control are still rare. The purpose of this research is to design and implement modules Buck Boost converter equipped with PID control as the output voltage controller. The module is designed in such a way as to be easy to use and equipped with a closed-loop control feature. The PID control method is designed using the Ziegler Nichols type I tuning method to find the PID parameters so that the resulting output voltage is as desired. This method is used because it has convenience and is a basic method in controlling dynamic systems such as buck-boost converters. The results obtained from this study are in the form of a converter module with voltage control which produces a steady-state error in the boost and buck operating modes of 0.4% and a settling time of 2 s although oscillations are still found during steady-state conditions.</i></p>	

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang elektronika daya saat ini sudah berkembang pesat, salah satunya yaitu Konverter DC-DC. *Buck Boost converter* merupakan salah satu jenis klasifikasi dari Konverter DC-DC. Konverter DC-DC jenis *Buck Boost* ini berfungsi untuk mengubah tegangan DC masukan menjadi tegangan DC keluaran yang nilainya dapat lebih besar ataupun lebih kecil dari tegangan DC masukannya dengan cara pengaturan modulasi lebar pulsa pada komponen sakelar[1]. Hingga sekarang ini, berbagai pengembangan yang telah dilakukan pada konverter DC-DC *Buck Boost* banyak dilakukan. Namun, Konverter DC-DC *Buck Boost* yang dilengkapi dengan fitur sistem *closed loop* ini masih jarang ditemui. Sistem *closed loop* ini dikembangkan guna mengendalikan tegangan DC

keluaran pada konverter DC-DC tersebut. Dalam mengendalikan tegangan DC keluaran ini, salah satu metode yang mudah dan umum di implementasikan yaitu dengan metode PID[2].

Pemilihan parameter kendali PID yang tepat akan menghasilkan sistem respon *plant* sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan, sehingga penalaan atau *tuning* PID perlu dilakukan. Seperti penelitian[3] sebelumnya yang membuat rancangan skema kendali tegangan dengan metode PID untuk mengendalikan tegangan keluaran pada *Buck Boost converter*. Hasil penelitiannya tegangan keluaran dapat di kendalikan dengan baik, tegangan keluaran dapat mengikuti perubahan *setpoint*. Namun, penelitian tersebut belum memiliki dua fitur sekaligus pada mode *open loop* dan *closed loop*. Metode PID pun digunakan untuk mengontrol kecepatan Motor DC dengan pengaturan tegangan keluaran dari *Boost converter* sebagai tegangan input bagi motor DC [4]. Hasil pengujian yang dilakukan motor DC dapat bekerja dengan maksimal ketika tegangan keluaran dari *boost* konverter stabil dengan kontroler metode PID dibandingkan dengan tidak adanya kendali atau kontroler tegangan keluaran pada *boost converter* nya. Selain metode PID, kontroler PI pun dikembangkan guna mengisi energi baterai dengan sumber dari *solar cell*[5]. Hasil pengujian didapat tegangan keluaran dari *solar cell* bisa lebih baik dan cepat mengisi baterai bila dikendalikan dengan kontroler PI dengan waktu mencapai *steady state* selama 0,399967 s. Selain itu, penelitian yang dilakukan dengan metode PI pun pernah dilakukan untuk mengontrol tegangan keluaran pada modul konverter DC-DC *Buck Boost*. Hasil pengujian metode kendali PI [6][7] dapat mengendalikan tegangan keluaran dari rangkaian konverter jenis *Buck* dan *Boost* agar dapat lebih stabil, meskipun diberikan variasi tegangan input yang berbeda, kendali PI pun dapat mengstabilkan tegangan keluaran bila diberikan perubahan beban saat konverter DC-DC bekerja. Metode PID pun pernah dikembangkan untuk diterapkan pada generator turbin angin[8]. Kontroler PID ini berfungsi mengatur tegangan keluaran pada konverter DC-DC *Buck Boost* yang terhubung dengan generator turbin angin. Hasil pengujiannya tegangan keluaran dari generator turbin angin dapat stabil dan mencapai tegangan yang diharapkan.

Penelitian ini bertujuan merancang modul konverter DC-DC *Buck Boost* dengan kendali PID untuk mengatur tegangan keluaran. Modul konverter DC-DC *Buck Boost* ini juga dilengkapi dengan fitur *open loop* dan *closed loop* disertai dengan *socket* USB. Kedua Fitur tersebut dapat digunakan untuk penalaan parameter kendali tegangan PID menggunakan Ziegler Nichols tipe I. Pada mode *open loop* data tegangan keluaran yang dibaca sensor tegangan akan menampilkan respon *transient*. Respon *transient open loop* tersebut dapat digunakan untuk menentukan L (waktu mati) dan T (waktu kompensasi). Pada mode *closed loop* data tegangan keluaran dari modul konverter DC-DC *Buck Boost* dapat dikendalikan sesuai *set point* yang diinginkan. Adanya *socket* USB yang bisa terhubung dengan PC/Laptop memungkinkan modul konverter DC-DC *Buck Boost* ini bisa dikembangkan pengendaliannya dengan metode selain PID. Jenis kontrol atau kendali metode PID memiliki karakteristiknya masing-masing, dengan menggabungkan ketiga parameter PID yang tepat maka akan menghasilkan respon sistem *plant* sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, seperti sistem yang cepat, *overshoot* yang rendah, *error steady state* yang kecil bahkan mendekati nol. Metode yang dipakai dalam pengendalian PID ini adalah Ziegler Nichols tipe I dengan besarnya *error steady state* kurang dari 20% dan *settling time* dibawah 3s. Pengujian sistem secara simulasi menggunakan *software* SIMULINK/MATLAB dan implementasi alat sebagai verifikasi sistem yang di desain.

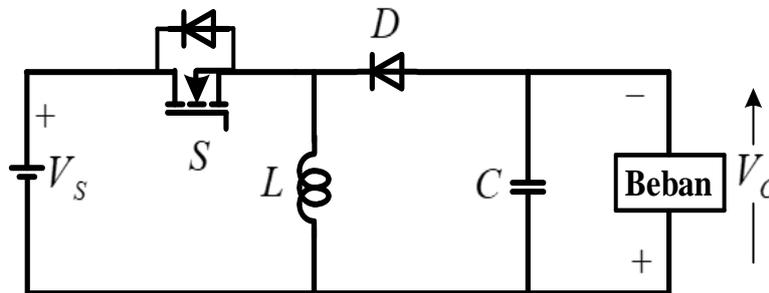
METODE PENELITIAN

Penelitian ini tentang merancang dan merealisasikan modul konverter DC-DC *Buck Boost* beserta kendali tegangan keluaran menggunakan pengendali Proporsional-Integral-Derivatif (PID) ini dilakukan dalam bentuk simulasi pada *software* SIMULINK/MATLAB dan eksperimen.

Konverter DC-DC *Buck Boost*

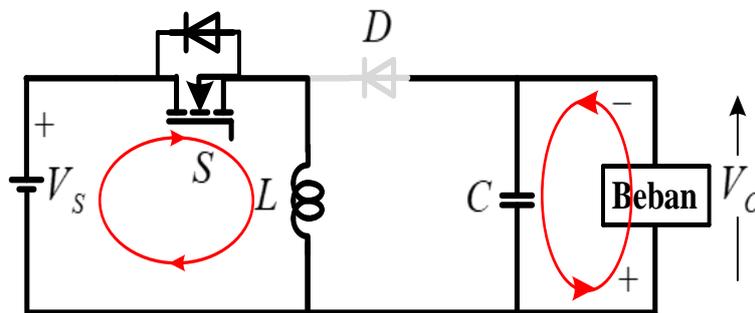
Buck Boost Converter merupakan salah satu jenis rangkaian konverter DC-DC yang berfungsi untuk mengkonversikan tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran DC yang dapat divariasikan[9], tegangan keluaran DC yang keluar dapat lebih kecil dari tegangan masukannya dan sebaliknya. *Buck Boost converter* merupakan rangkaian kombinasi antara rangkaian *buck* (menurunkan

tegangan) dan rangkaian *boost* (menaikan tegangan). Gambar rangkaian *Buck Boost converter* ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini.

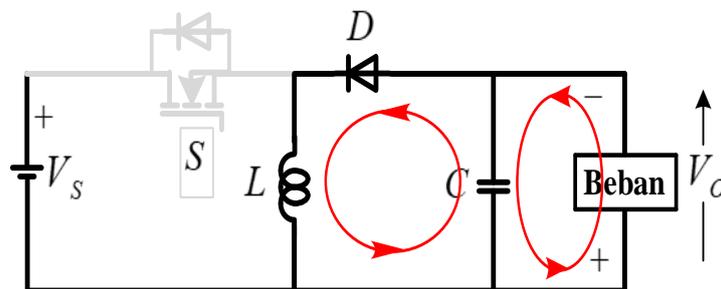


Gambar 1. Topologi Konverter DC-DC *Buck Boost*

Ada dua cara dimana rangkaian ini beroperasi. Pertama, ketika sakelar dihidupkan (*switch ON*), induktor menerima tegangan dari sumber, yang menyebabkan arus yang tergantung waktu mengalir melalui induktor. Pada saat yang sama, kapasitor mengalami kehabisan energi yang mana kapasitor menjadi sumber utama sebagai tegangan dan arus bagi beban[10]–[12]. Untuk gambar rangkaian *Buck Boost converter switch ON* ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini. Kedua, saat saklar dimatikan (*switch OFF*), tegangan masukan terputus sehingga memicu turunnya arus pada ujung dioda dan tegangan negatif pada induktor yang mensuplai beban dan kapasitor (*charge*). Oleh karena itu, kapasitor menyediakan arus saat sakelar dihidupkan (*switch ON*), sedangkan induktor menyediakan arus saat sakelar dimatikan (*switch OFF*)[13]–[15]. Untuk gambar rangkaian *Buck Boost converter switch OFF* ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini.



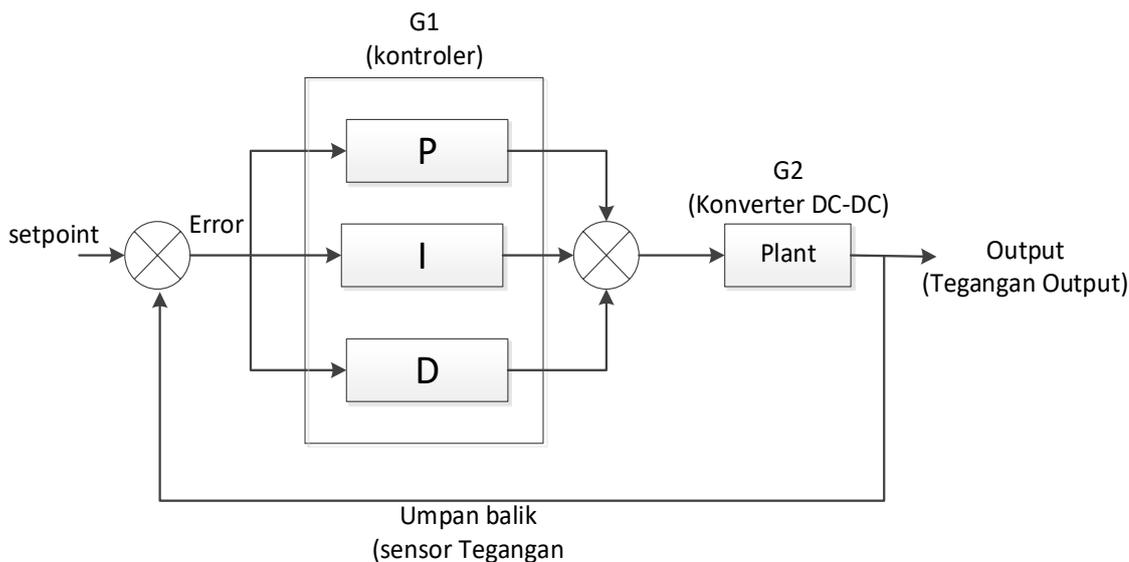
Gambar 2. Mode Sakelar *Switch ON*



Gambar 3. Mode Sakelar *Switch OFF*

Pengendali Proporsional Integral Derivatif (PID)

Kontrol atau kendali PID memiliki karakteristiknya masing-masing. Dengan menggabungkan ketiga parameter PID yang tepat maka akan menghasilkan respon sistem plant sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, seperti sistem yang cepat, *overshoot* yang rendah, *error steady state* yang kecil bahkan mendekati nol.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem Kendali PID

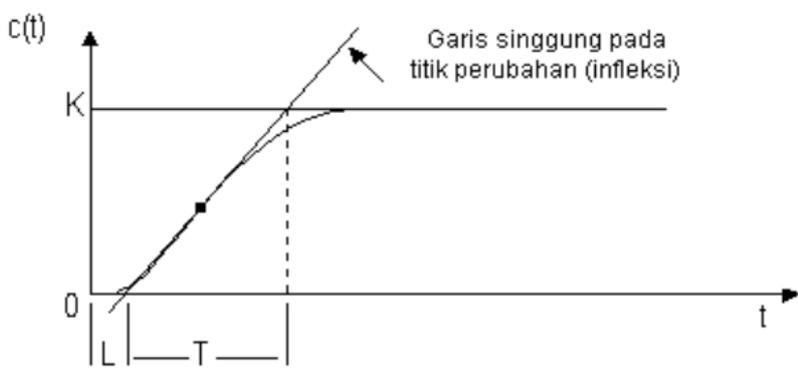
Persamaan nilai keluaran dari kontrol PID, dirumuskan sebagai berikut.

$$u(t) = Kp e(t) + Ki \int e(\tau)d\tau + Kd d/dt e(t) \tag{1}$$

Persamaan (1) menjelaskan bahwa nilai dari keluaran $u(t)$, berasal dari penjumlahan total dari nilai konstanta proporsional (Kp), konstanta integral (Ki) dan konstanta derivatif (Kd), yang masing-masing karakteristik kendali tersebut dipengaruhi oleh error (e) dalam waktu (t) tertentu.

Penalaan PID

Salah satu metode untuk melakukan penalaan parameter – parameter PID adalah dengan menggunakan metode Ziegler Nichols tipe I. Pada metode Ziegler Nichols tipe I konstanta PID ditentukan berdasarkan respon *open loop* plant. Mula-mula, penalaan pengendali PID untuk menghasilkan kurva respon *open loop*, kemudian berikan garis singgung/gradien pada titik perubahan (infleksi) dari kurva S respon sistem sehingga terdapat titik perpotongan. Keberhasilan dalam menentukan titik perpotongan inilah yang sangat penting dalam menentukan parameter nilai L dan T yang digunakan sebagai acuan dari kontroler.



Gambar 5. Kurva S Pada Sistem *Open loop*

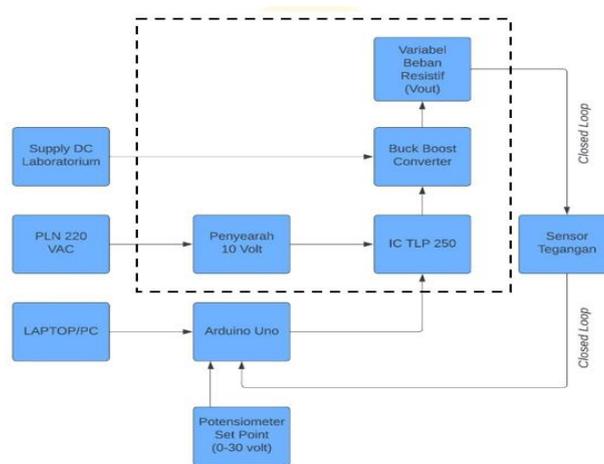
Setelah mendapatkan parameter T dan L, Masukkan parameter tersebut pada tabel 1 aturan tunning Ziegler Nichols tipe I.

Tabel 1. Aturan Tuning Ziegler Nichols Tipe I

Jenis Pengendalian	Kp	Ti	Td
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{T}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	2L	0.5L

Perancangan Konverter DC-DC Buck Boost

Gambar 4. menunjukkan blok diagram perancangan *Buck Boost* konverter beserta sistem kendali tegangan *output* menggunakan pengendali proporsional integral derivatif (PID). Sistem kendali yang digunakan dalam perancangan Konverter DC-DC *Buck Boost* ini berupa mikrokontroler Arduino Uno R3 yang berperan sebagai pusat kendali dan pengolahan data, rangkaian konverter DC-DC *Buck Boost* sebagai plant yang akan di kendalikan yang sumber tegangannya dari power supply DC laboratorium, rangkaian driver gate/optocoupler TLP250 yang berperan sebagai rangkaian isolasi antara mikrokontroler dan plant, rangkaian penyearah 10 VDC yang berperan sebagai penyearah yang sumber tegangannya dari PLN 220 VAC. Perancangan konverter DC-DC ini dilengkapi dengan sensor tegangan DC yang berperan sebagai membaca data tegangan keluaran DC yang akan dikontrol atau dikendalikan, nilai tegangan keluaran tersebut akan dijadikan sinyal umpan balik dari sistem plant ini dalam mengendalikan tegangan keluarannya.

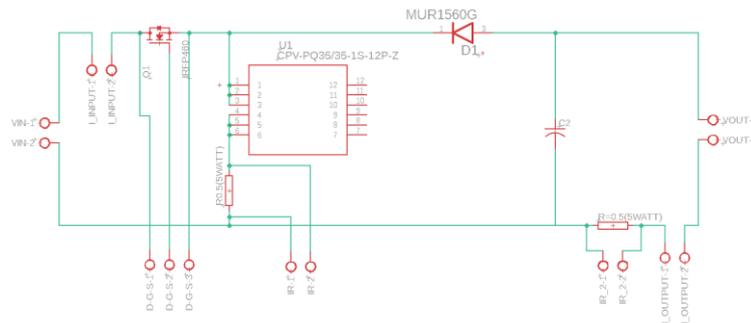


Gambar 4. Diagram Blok Perancangan Konverter DC-DC Buck Boost Keseluruhan

Perancangan pada penelitian ini menggunakan beberapa nilai parameter yang dapat dilihat pada Tabel 2. berikut ini.

Tabel 2. Parameter Konverter DC-DC Buck Boost

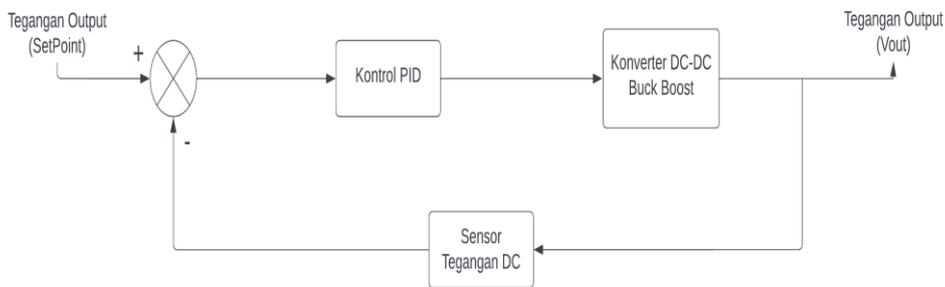
Parameter	Nilai
Vin	10 Volt
Vo	30 Volt
Io	1,5 A
Fs	20 Khz
L	316 μH
C	187 μF



Gambar 5. Rangkaian Skematik Konverter DC-DC Buck Boost

Perancangan dari realisasi alat diantaranya dapat ditunjukkan oleh Gambar 5. sebagai bentuk dari *layout* PCB konverter DC-DC *Buck Boost*. Perancangan *layout* PCB ini menggunakan *software Eagle*. **Perancangan Kendali Tegangan Dengan Metode PID**

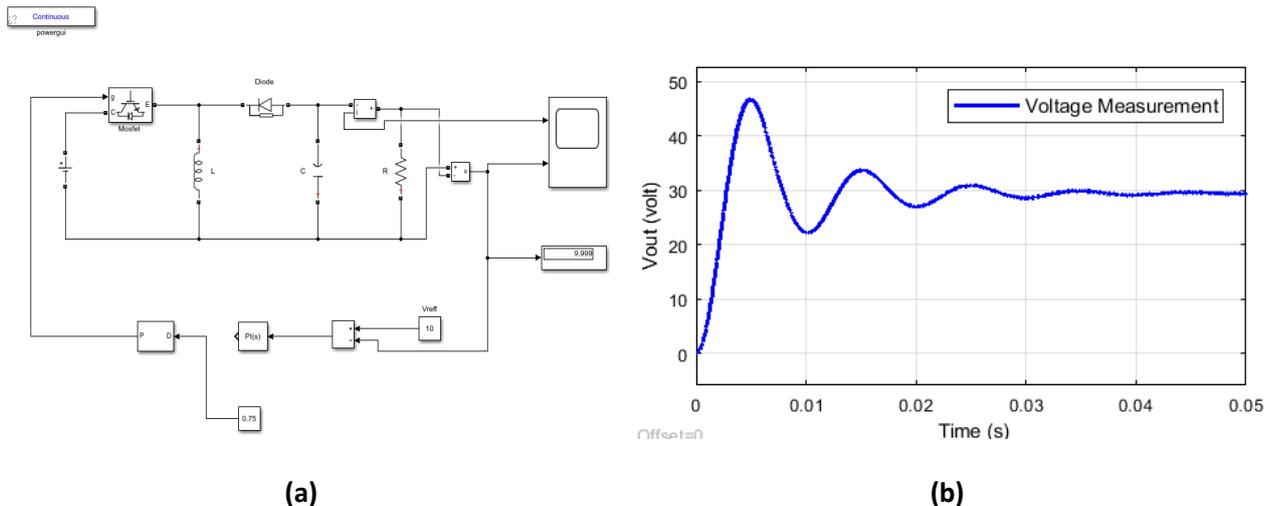
Kendali PID yang didesain untuk menjaga tegangan keluaran pada konverter konstan pada *setpoint* yang diinginkan. Berikut merupakan diagram blok sistem kendali konverter yang disusulkan.



Gambar 6. Diagram Blok Kendali PID Konverter DC-DC Buck Boost

Adapun pada penelitian ini dalam merancang kendali PID dengan menggunakan metode Ziegler Nichols I, perancangan kendali PID ini menggunakan bantuan *software* SIMULINK/MATLAB sebagai verifikasi awal pengujian kendali yang disusulkan.

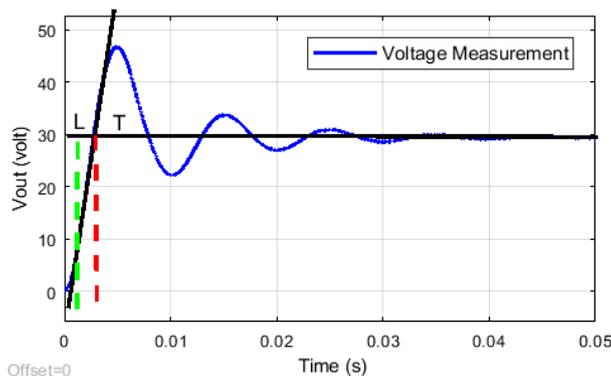
Rangkaian skematik konverter DC-DC *Buck Boost* sebagai bentuk pemodelan dari *plant* yang akan didesain, rangkaian dapat dilihat pada Gambar 7 (a) . Simulasi secara *Open loop*, yang mana disini memasukan *Duty Cycle* sebesar 75%. Besarnya *Duty Cycle* tersebut merupakan hasil perhitungan dari perancangan konverter DC-DC *Buck Boost* yang akan direalisasikan.



Gambar 7. Simulasi Dengan SIMULINK (a) Konverter DC-DC Buck Boost, (b) Respon Open loop

Setelah mendapatkan respon kurva *Open loop*, berikan garis bantu (gradien) pada kurva tersebut (dapat dilihat seperti gambar di bawah ini). Tentukan waktu mati (L) dan Waktu kompensasinya (T).

Gambar 8. merupakan respon sistem konverter ketika *open loop*, dimana besarnya nilai L adalah 0,1538 detik dan T sebesar 0,0065 detik. Setelah parameter PID didapat, maka disimulasikan secara *Closed loop* pada *software* SIMULINK/MATLAB. Hasil dari *tuning* PID tersebut apabila masih kurang sesuai dengan respon yang di dapatkan, bisa dilakukan *trial and error* untuk mendapatkan parameter konstanta yang diinginkan.



Gambar 8. Respon *Open loop*

Tabel 3. menunjukkan hasil perhitungan *tuning* menggunakan metode Ziegler Nichols Tipe I. Setelah mendapatkan parameter tersebut, maka nilai dari parameter tersebut disubstitusikan kedalam Persamaan (1).

Tabel 3. Hasil *Tuning* Ziegler Nichols Tipe I

Jenis Pengendalian	Kp	Ti	Td	Ki	Kd
P	0,0421	∞	0	-	-
PI	0,04	0,5128	0	0,078	-
PID	0,0505	0,3077	0,0769	0,1642	0,0039

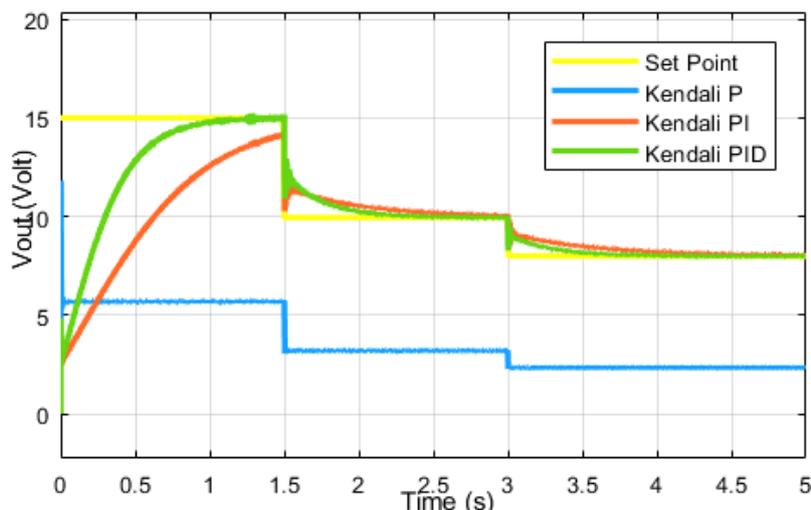
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa skema pengujian diantaranya pengujian secara simulasi pada SIMULINK/MATLAB dan secara eksperimen. Pengujian secara simulasi diantaranya pengujian perubahan *set point* (tegangan referensi) dan pengujian perubahan beban. Pengujian secara eksperimen diantaranya pengujian kendali tegangan dengan PID pada mode kerja *Buck* dan mode kerja *Boost*.

Pengujian Perubahan *Set point*

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan Tegangan masukan (V_{in}) tetap, dan *Set point* bervariasi, hal ini dilakukan guna menguji parameter kendali PID yang telah dirancang, dan ingin mengetahui respon dari tegangan keluaran (V_{out})-nya. Pada pengujian ini, tegangan masukan (V_{in}) konverter DC-DC *Buck Boost* yang diberikan sebesar 10 Volt.

Gambar 9. menunjukkan *Set point* tegangan keluaran (V_{out}) diatur sebesar 15 volt kemudian pada detik ke-1.5 diubah menjadi 10 Volt, dan pada detik ke-3 menjadi 8 volt. Serta respon dari tegangan keluaran dari konverter DC-DC *Buck Boost* dengan masing-masing jenis kendali pada mode *boost*, $V_{in} = V_{out}$ dan *Buck*. Saat pengujian secara simulasi menggunakan *sample time* pengujian selama 5 s. Tabel 4. menunjukkan rincian hasil dari analisa respon tegangan keluaran pada gambar 9 yang dilakukan dengan pengujian *set point* berubah.



Gambar 9. Simulasi dengan Simulink Sistem Close Loop, Output Sinyal Kendali PID

Tabel 4. Hasil Pengujian Setpoint Berubah

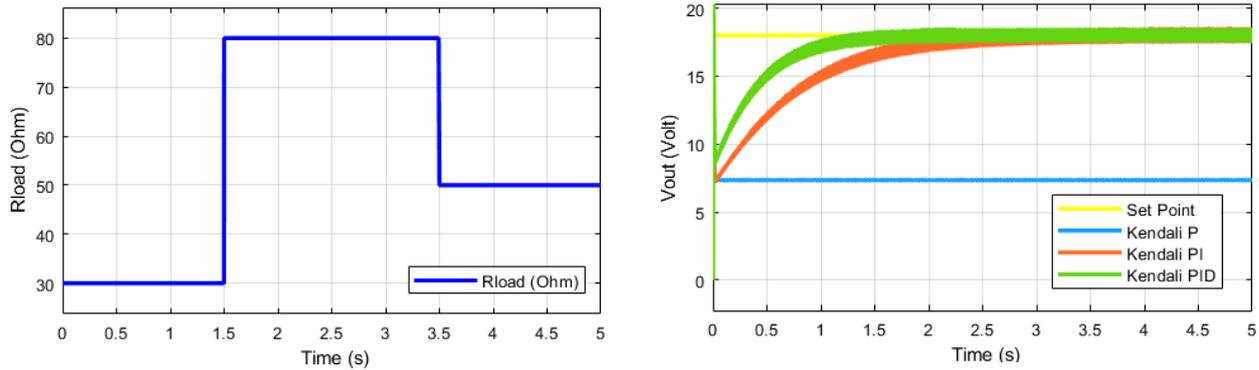
Jenis Kendali	Setpoint (V)	Mode Operasi kerja	Settling time (s)	Vout (V)	Overshoot (%)	Error Steady State (%)
P	15	boost	0,1	6,23	0	58,47
	10	Vin = Vout	0,1	4,15		
	8	buck	0,1	3,32		
PI	15	boost	2	14,65	0	2,33
	10	Vin = Vout	2	9,76		
	8	buck	2	7,81		
PID	15	boost	1,25	14,94	0	0,4
	10	Vin = Vout	1,25	9,96		
	8	buck	1,25	7,96		

Berdasarkan gambar 9 dan tabel 4 menunjukkan bahwa respon *closed loop* dari pengujian parameter kendali P, PI, dan PID pada konverter DC-DC *Buck Boost*, respon paling optimal didapatkan yaitu parameter kendali PID dengan selisih nilai *error* sebesar 0,4% ; *settling time* selama 1,25 detik ; dan *overshoot* 0 %. Parameter kendali PID yang dimasukkan yaitu, $K_p = 0.02$; $K_i = 0.1642$ dan $K_d = 0.0039$ hasil dari perancangan kendali yang telah dilakukan, nilai tersebut ditunjukkan pada tabel 3 hasil *tunning* dengan metode Ziegler Nichols tipe I. Nilai parameter K_p -nya berbeda dengan tabel 3 karena dilakukan *tunning* ulang dengan metode *trial and error* karena hasil respon tegangan keluarannya yang lebih optimal.

Pengujian Perubahan Beban

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan Tegangan masukan (V_{in}) tetap, dan Beban (R_{load}) bervariasi, hal ini dilakukan guna menguji parameter kendali PID yang telah dirancang, dan ingin mengetahui respon dari tegangan keluaran (V_{out}) -nya. Pada pengujian ini, tegangan masukan (V_{in}) konverter DC-DC *Buck Boost* yang diberikan sebesar 10 Volt.

Gambar 10 (a) menunjukkan Beban (R_{load}) diatur sebesar 30 Ω kemudian pada detik ke- 1.5 menjadi 80 Ω dan pada detik ke- 3.5 menjadi 50 Ω . Saat pengujian secara simulasi menggunakan *sample time* pengujian selama 5 s. Gambar 10 (b) menunjukkan respon *output* tegangan keluaran dengan kendali PID saat mode *boost*, hasil rincian analisa respon pada gambar 10 (b) dapat dilihat pada tabel 5.



(a) (b)
Gambar 10. Simulasi dengan SIMULINK Sistem Closed loop
(a) Beban Berubah, (b) Output Sinyal Kendali PID

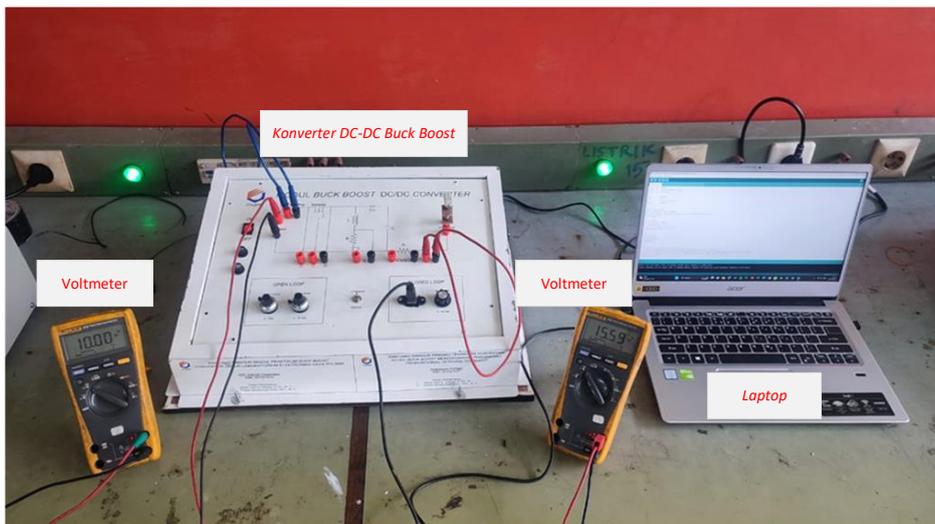
Tabel 5. Hasil Pengujian Beban Berubah

Jenis Kendali	V_{in} (V)	Setpoint (V)	Beban R (Ω)	V_{out} (V)	Error Steady State (%)
P	10	18	30	8,31	53,83
			50		
			80		
PI	10	18	30	17,61	2,16
			50		
			80		
PID	10	18	30	18,06	0,33
			50		
			80		

Berdasarkan gambar 10 (b) dan tabel 5 menunjukkan bahwa respon *closed loop* didapatkan bahwa konverter DC-DC *Buck Boost* ketika terjadi perubahan beban dari 30 Ohm hingga 80 Ohm, parameter kendali tegangan dapat mempertahankan tegangan keluarannya (V_{out}), meskipun pada parameter kendali P menghasilkan *error* yang besar, tetapi tegangan keluarannya (V_{out}) tetap bisa mempertahankan kestabilannya (*steady state*) ketika terjadi perubahan beban.

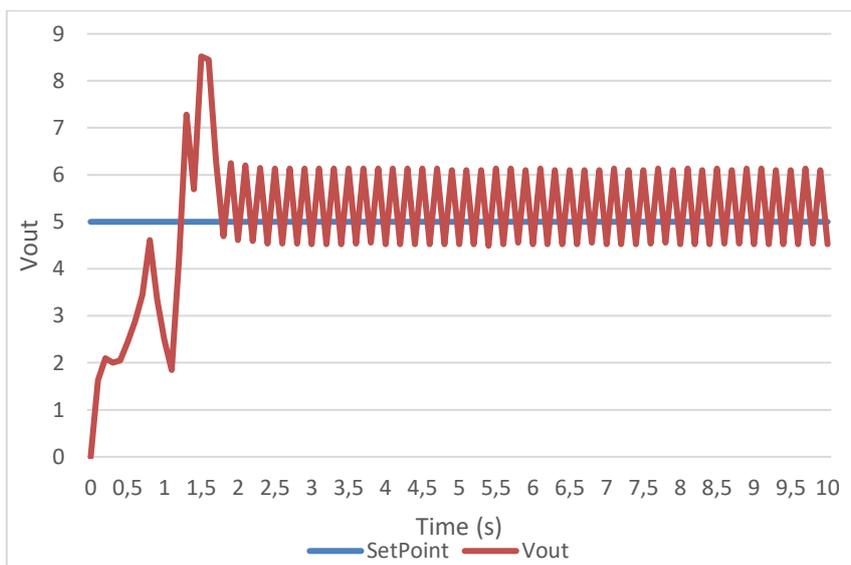
Pengujian Kendali Tegangan PID secara Eksperimen

Pengujian *Closed loop Buck Boost converter* secara eksperimen dilakukan dengan menggunakan modul *Buck Boost converter* yang telah dirancang dan direalisasikan. Pengujian ini dilakukan dengan skenario mode *buck* dan mode *boost*, plant diberikan tegangan masukan sebesar 10 volt pada mode *buck* dan diberikan tegangan masukan 9 Volt pada mode *boost*. Data pengujian ini didapat pada *Serial Monitor* pemrograman Arduino Uno. Gambar 11 merupakan pengujian secara eksperimen dimana terdapat modul konverter dan *voltmeter* sisi masukan dan keluaran.



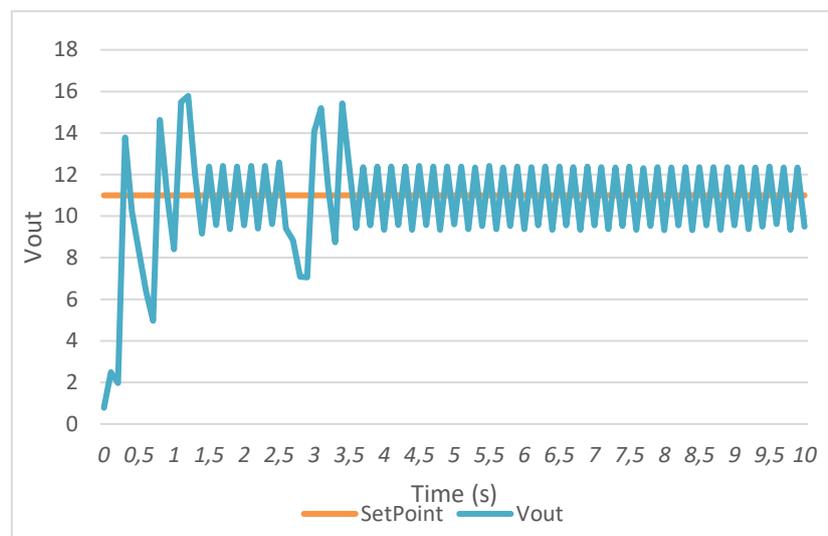
Gambar 11. Realisasi & Pengujian Secara Eksperimen

Berdasarkan Gambar 12. menunjukkan hasil pengujian dengan jenis kendali PID mode kerja *buck*. Setelah mendapatkan *tuning* parameter PID menggunakan metode Ziegler Nichols tipe I, maka dilakukan optimasi *tuning* ulang secara eksperimental sehingga parameter PID yang digunakan bernilai $K_p = 1,5$; $K_i = 2,85$ dan $K_d = 0,0039$. Respon tegangan keluaran dari konverter DC-DC *Buck Boost* dapat mencapai *set point* dengan persentase rata-rata *error steady state* sebesar 20,8%, *overshoot* 43,12% dan *settling time* selama 1,8 s.



Gambar 12. Respon *Closed loop* Mode Operasi Kerja *Buck*

Berdasarkan gambar 13. menunjukkan hasil pengujian dengan jenis kendali PID mode kerja *boost*. Setelah mendapatkan *tuning* parameter PID menggunakan metode Ziegler Nichols tipe I, maka dilakukan optimasi *tuning* ulang secara eksperimental sehingga parameter PID yang digunakan bernilai $K_p = 2$; $K_i = 1,11$ dan $K_d = 0,9$. Respon tegangan keluaran dari konverter DC-DC *Buck Boost* dapat mencapai *set point* dengan persentase rata-rata *error steady state* sebesar 17,4%; *overshoot* 31,25% dan *settling time* selama 2 s.



Gambar 13. Respon *Closed loop* Mode Operasi Kerja Boost

KESIMPULAN

Realisasi konverter DC-DC *Buck Boost* menggunakan pengendali proporsional, integral dan derivatif dapat berfungsi dengan baik dan optimal. Pengujian parameter PID untuk kendali tegangan keluaran dilakukan baik secara simulasi maupun eksperimen. Pada kondisi pertama, tegangan keluaran dapat merespon perubahan *set point* yang diberikan. Respon tersebut dibuktikan pada kondisi ketika mode *buck*, tegangan keluaran yang dihasilkan saat simulasi dapat mengikuti perubahan *set point* dengan *settling time* selama 1,25 s; *overshoot* 0% dan *error steady state* 0,4%. Tegangan keluaran yang di hasilkan saat eksperimen mode *buck* dapat mengikuti perubahan *set point* dengan *settling time* selama 1,8s; *overshoot* 43,12% dan *error steady state* 20,8%. Ketika mode *Boost*, Tegangan keluaran yang di hasilkan saat eksperimen mode *Boost* pun dapat mengikuti perubahan *set point* dengan *settling time* selama 2s; *overshoot* 31,25% dan *error steady state* 17,4%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung atas pendanaan penelitian ini dengan keputusan nomor surat B/275/PL1/HK.02.00/2023, orang tua, dosen pembimbing, dan rekan-rekan angkatan prodi Teknik Listrik POLBAN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Al Tahtawi, S. Yahya, and A. Ferdian, "Fuzzy Integral Control Design for Boost Converter Based on State-Space Average Model Approach," in *2021 8th International Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering, ICITACEE 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021, pp. 24–29. doi: 10.1109/ICITACEE53184.2021.9617507.
- [2] D. Wisnu, A. Wahjudi, and H. Nurhadi, "Perancangan Sistem Kontrol PID Untuk Sumbu Azimuth Turret pada Turret-gun Kaliber 20mm," *JURNAL TEKNIK ITS*, vol. 5, pp. 1–5, 2016.
- [3] S. Diusti Dwi Putri and Aswardi, "JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional) Rancang Bangun Buck-Boost Converter menggunakan Kendali PID," *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional*, vol. 6, pp. 1–15, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>
- [4] N. Soejarwanto, M. I. Pratama, and A. Setyawan, "Rancang Bangun Peralatan Pengontrol Motor DC dengan Boost Converter Berbasis Mikrokontroler Arduino".
- [5] Y. R. Payung, E. Purwanto, and F. D. Murdianto, "Rancang Bangun Buck-Boost Converter Pada Sistem Charging Baterai dengan Sumber Solar Cell Menggunakan Kontrol PI pada Uninterruptible Power Supply (UPS) Offline untuk Aplikasi Beban Rumah Tangga," *PoliGrid*, vol. 1, no. 2, p. 49, Nov. 2020, doi: 10.46964/poligrd.v1i2.435.

-
- [6] Z. Efendi, D. Mursyida, and D. Jurusan Teknik Elektro Industri, "Rancang Bangun Modul DC-DC Converter Dengan Pengendali PI."
- [7] Y. R. Payung, E. Purwanto, and F. D. Murdianto, "Rancang Bangun Buck-Boost Converter Pada Sistem Charging Baterai dengan Sumber Solar Cell Menggunakan Kontrol PI pada Uninterruptible Power Supply (UPS) Offline untuk Aplikasi Beban Rumah Tangga," *PoliGrid*, vol. 1, no. 2, p. 49, Nov. 2020, doi: 10.46964/poligrd.v1i2.435.
- [8] M. F. Afif, "Rancang Bangun Kontrol Pid Berbasis Pso Pada Dc-Dc Buck Boost Converter Generator Turbin Angin," Surabaya, Jun. 2018.
- [9] A. Wicaksono, I. Winarno, and Rahmatulloh, "Rancang Bangun Perbandingan Buck Boost Converter Dan Cuk Converter Untuk Penstabil Tegangan Pada Sistemwind Turbine Dengan Monitoring Iot(Internet Of Things)," *Rancang Bangun Perbandingan Buck Boost Converterdan Cuk...*, vol. 1, pp. 1-6, 2019.
- [10] R. Tamami *et al.*, *Rancang Bangun Dan Monitoring Iot Buck Boost Converter Menggunakan Metode Neural Network Sebagai Penstabil Tegangan Pada Wind Turbine.*
- [11] Gunawan, "Universitas Indonesia Rancang Bangun Dc-Dc Buck Converter Dengan Pid Diskrit Sebagai Pengendali Tegangan Keluaran," Depok, Aug. 2009.
- [12] A. F. Rifai *et al.*, "Rancang Bangun Dc To Dc Buck Converter Dengan Sistem Kendali Pi Pada Ni Elvis Ii Dan Antarmuka Berbasis Labview," *Jurnal Teknologi Terapan* |, vol. 7, no. 2, 2021.
- [13] M. K. Asy'ari, "Rancang Bangun Dc-Dc Buck Converter Berbasis Pengendali Logika Fuzzytipe-2pada Prototype Turbin Angin Skala Kecil," Bidang Keahlian Rekayasa Instrumentasi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018.
- [14] Rifdian IS, "Rancang Bangun DC-DC Konverter 300 Volt Jenis Buck Konverter," Surabaya, 2020.
- [15] F. Senrianokxi, A. Soetedjo, and I. K. Somawirata, "Rancang Bangun Modul Converter DC-DC Menggunakan Mikrokontroler Arduino Berbasis IoT Untuk Penelitian MPPT (Maximum Power Point Tracking) Pada Panel Surya," *Seminar Hasil Elektro S1 ITN Malang*, vol. 1, pp. 1-16, Jan. 2019.